

Aneta Januszko-Szakiel

Rola migracji i emulacji w strategii długoterminowej archiwizacji publikacji elektronicznych

1. Wstęp

Publikacje elektroniczne stanowią obecnie pokaźną część światowych zasobów bibliotecznych, archiwalnych i muzealnych. Biorąc pod uwagę pogląd, że „technologia cyfrowa ulegnie trwałemu wbudowaniu w dorobek obecnego i następnych pokoleń rodzaju ludzkiego” [1], warto ustalić, co to oznacza dla instytucji pamięci, odpowiedzialnych za zabezpieczenie i przechowanie światowego dorobku nauki i kultury, a przede wszystkim, jakimi metodami instytucje te mogą się posłużyć, aby pozostawić przyszłym pokoleniom świadectwo teraźniejszej intelektualnej działalności.

Do rozważań i działań w zakresie długoterminowego przechowywania dziedzictwa cyfrowego niejednokrotnie asumpt dawała publikacja J. Rothenberga [2], prekursora i światowej sławy specjalisty w dziedzinie emulacji¹. W pracy tej autor roztacza wizję 2045 roku, kiedy to jego wnuki odnajdują na strychu odręcznie zapisany list z 1995 roku wraz z załączonym CD-ROM-em. W liście Rothenberg powiadamia je o tym, że na CD-ROM-ie jest zakodowana informacja o pozostawionym przez niego spadku, i jednocześnie wyjaśnia, w jaki sposób należy ją rozszyfrować. Odkrycie, choć wielce uszczęśliwiające, może się jednak okazać kłopotliwe, bowiem – jak przypuszcza autor – wnuki nie miały okazji widzieć wcześniej małego srebrnego krążka, chyba że w starych filmach. Nawet jeśli

¹ Jeff Rothenberg – czołowy informatyk w korporacji RAND w Kalifornii, autor wielu publikacji na temat długoterminowego archiwizowania publikacji elektronicznych, uznany za prekursora metody emulacji; jedną z jego prac jest *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation*, Washington 1999.

uda się im znaleźć odpowiedni czytnik CD, który dokona konwersji rozmieszczonych na krążku wgłębień na ciąg bitów, to kolejnym celem poszukiwań musi się stać program do ich prezentacji. Tak więc pytanie, czy wnuki Rothenberga skorzystają z nieoczekiwanego bogactwa, pozostaje otwarte.

Ten fikcyjny scenariusz uzmysławia zasadnicze słabości cyfrowego zapisu informacji w stosunku do zapisu tradycyjnego. Zdaniem Rothenberga, nawet za 50 i więcej lat napisany ręcznie list będzie można odczytać bezpośrednio, podczas gdy odczyt zapisów elektronicznych stanie się bardzo trudny lub niemożliwy z racji szybkiego tempa rozwoju w dziedzinie sprzętu i oprogramowania komputerowego. Wszelkie cyfrowe zapisy obecnego pokolenia, tak chętnie i masowo dziś wykorzystywane, ulegną dużo szybszemu zniszczeniu niż te utrwalone na papierze. Zawartość mediów cyfrowych staje się niemożliwa do odtworzenia znacznie szybciej niż słowa zapisane dobrym tuszem na dobrym papierze. Do utraty danych cyfrowych dochodzi najczęściej nie tyle z powodu fizycznego zniszczenia nośnika, ile z racji wprowadzania wciąż nowych, niekompatybilnych z wcześniejszymi generacjami nośników i dedykowanych im urządzeń służących do odczytu danych. Najlepszym tego przykładem jest zastąpienie dyskietki 8-calowej kolejnymi generacjami nośników danych cyfrowych.

Do długoterminowej archiwizacji konieczne jest przechowywanie wraz z dokumentem elektronicznym informacji o wymaganym do jego odczytu otoczeniu sprzętowo-programowym. Najczęściej informacje te zawiera dokument wydrukowany na papierze oraz dołączony do cyfrowego medium – dokładnie jak w przedstawionej wcześniej opowieści o tym, jak przewidujący i troskliwy dziadek pozostawia wnukom papierowy list z opisem sposobu odkodowania informacji z krążka. Zdaniem Rothenberga naiwne jest myślenie, że teraźniejszy sposób cyfrowego kodowania treści będzie dla przyszłego oprogramowania tak samo oczywisty i łatwy w odczycie. Technologie informacyjne wprowadzą rozwiązania, które prawdopodobnie nie będą ani kontynuacją dotychczasowych, ani nie powstaną na ich bazie. Będą to nowe, oryginalne produkty, umiejętnie wdrożone na rynek i rozpowszechnione. Dokładnie tak stało się w przypadku taśm magnetycznych, kaset wideo tudzież dyskietek magnetycznych, które z czasem zostały zastąpione dyskami optycznymi. Czy zatem w obliczu tych zmian nie należałoby się zatroszczyć o utrzymanie dostępu do treści zapisanych na nośnikach wychodzących z obiegu, zwłaszcza gdy treści te są świadectwem istotnej naukowej i kulturalnej działalności człowieka? Czy brak należytej dbałości o to nie doprowadzi aby do ich bezpowrotnej utraty?

Swoje obawy Rothenberg uzasadnia, przytaczając przykład sprawozdania amerykańskiej Izby Reprezentantów z 1990 roku. Otóż wyniki powszechnego spisu ludności USA z 1960 roku zapisano na taśmach magnetycznych w dostępnym wówczas formacie zapisu, który znacznie wcześniej, niż się spodziewano, został zastąpiony nowszym. Tylko nieliczne z zapisanych danych udało się po latach od-

czytać i przenieść na nowe media. Tak samo zagrożone są bardzo ważne dane ministerstwa zdrowia USA, listy zaginionych i schwytanych podczas wojny w Wietnamie, protokoły z niepowtarzalnych eksperymentów agencji NASA. Bez końca można wymieniać przykłady unikatowych dokumentów cyfrowych zagrożonych utratą tylko dlatego, że z braku świadomości bądź stosownej wiedzy nie zrobiono nic dla ich długoterminowej archiwizacji.

2. Długoterminowa archiwizacja publikacji elektronicznych – wyjaśnienie pojęcia

Termin „archiwizacja publikacji elektronicznych” (ang. *long-term archiving*, niem. *langfristige Archivierung*) utożsamiany jest przede wszystkim z długoterminową ochroną, długoterminowym zabezpieczaniem i przechowywaniem dokumentów elektronicznych (ang. *long-term protection*, niem. *langfristige Erhaltung, dauerhafte Sicherung*), przy czym słowo „długoterminowy” należy tu rozumieć jako ‘nieograniczony w czasie’ lub ‘możliwie najbardziej odległy w przyszłości’.

Długoterminowa archiwizacja powinna zapewnić użyteczność publikacji elektronicznych, czyli dostęp do nich i możliwość efektywnego korzystania z nich obecnie i w przyszłości. Efektywne korzystanie z publikacji elektronicznej jest możliwe wówczas, gdy użytkownik ma pewność, że treści, które czyta, ogląda, których słucha i na które powołuje się w swych opracowaniach, są autentyczne i niezafałszowane, tzn. że pochodzą od ich autorów i od dnia opublikowania nie zostały zmienione. Zapewnienie autentyczności i integralności publikacji elektronicznych jest podstawowym celem archiwizacji [3].

H. Liegmann² [4] zauważa, że warunkiem koniecznym zapewnienia użyteczności publikacji elektronicznych jest utrzymanie ich substancji. Pod pojęciem substancji publikacji elektronicznej autor rozumie ciąg bitów (kod zero-jedynkowy), zapisany na medium elektronicznym. Utrzymanie substancji publikacji elektronicznych jest uzależnione od dwóch zasadniczych czynników: ograniczonej trwałości mediów elektronicznych oraz szybkiego postępu technologicznego. Istotne znaczenie dla właściwego przebiegu archiwizacji ma przestrzeganie określonych zasad postępowania z publikacjami zapisanymi w formie cyfrowej, takich jak przestrzeganie instrukcji

² Hans Liegmann – pracownik Niemieckiej Biblioteki Narodowej we Frankfurcie nad Menem, specjalista w zakresie prac nad utrzymaniem długotrwałego i stabilnego dostępu do publikacji elektronicznych, przedstawiciel Biblioteki Niemieckiej w światowym zespole fachowców opracowujących strategię postępowania z dokumentami elektronicznymi, autor istotnych publikacji na temat długoterminowej archiwizacji publikacji elektronicznych w bibliotekach i archiwach.

dotyczących trwałości mediów elektronicznych, na których są zapisane publikacje, oraz kontrolowanie w ustalonych odstępach czasu, czy cyfrowy zapis na poziomie kodu zero-jedynkowego może zostać odczytany. Względę bezpieczeństwa dyktują, aby przed upływem pesymistycznie określonej granicy trwałości nośnika przekopiować zapisane na nim dane na nowy nośnik tego samego typu, np. z dyskietki na dyskietkę. Zabieg taki określany jest jako odświeżenie nośnika (ang. *refreshing*, niem. *Wiederauffrischen*). Natomiast w przypadku gdy nośnik przestaje być powszechnie stosowany i zastępuje go nowa generacja, treść dokumentu należy przekopiować na nośnik nowej generacji, np. z dyskietki 3,5-calowej na płytę CD-ROM lub DVD. Zabieg ten można nazwać zmianą generacji nośnika (ang. *reformatting*, niem. *Wechsel der Tragergeneration*).

Kolejnym ważnym faktem, na który należy zwrócić uwagę, jest to, że trwałość medium elektronicznego jest zwykle dłuższa niż dostępność sprzętu i oprogramowania, potrzebnych do odczytu zapisanych na nim danych. Niezbędne jest zatem stałe obserwowanie zmian zachodzących w technologii i odpowiednio wczesne reagowanie na te zmiany. W anglojęzycznym piśmiennictwie przedmiotu proces ten nazwano *technology watch*, a w opracowaniach niemieckojęzycznych określono go jako *Frühwarnsystem*.

Samo zabezpieczenie substancji publikacji elektronicznej zapewniłoby użytkownikom jedynie dostęp do kodu zero-jedynkowego. Potrzebne są ponadto odpowiedni sprzęt i oprogramowanie, które umożliwią odczytanie zakodowanej w postaci zer i jedynek treści publikacji. Z racji tego, że w historii publikowania elektronicznego znajdowały zastosowanie różne platformy programowo-sprzętowe, w bibliotekach można znaleźć publikacje elektroniczne, których odczyt z nośnika i odszyfrowanie za pomocą aktualnego sprzętu i oprogramowania są dziś utrudnione, a często nawet niemożliwe. Przykładem mogą być publikacje zapisane na dyskietkach 5,25-calowych. Ich odczyt jest możliwy jedynie przy użyciu stacji dysków, które kilka lat temu wyszły z użycia. Nawet jeśli uda się zdobyć odpowiednią stację dysków, kolejną, trudną do pokonania barierą, może się stać dostępność platformy programowo-sprzętowej, niezbędnej do zdekodowania treści publikacji. Pomocne w takiej sytuacji okazuje się „zachowane technologii” [1]. Przechowywanie w bibliotekach sprzętu i oprogramowania, które wyszły z powszechnego użycia i wykorzystywane są jedynie w celu odczytywania publikacji zapisanych w formatach specyficznych dla tych platform, jest jedną z możliwych metod długoterminowej archiwizacji publikacji elektronicznych. Jednak tworzenie tzw. muzeów komputerowych nie spotyka się z uznaniem ze strony fachowców. Wypowiadając się na temat istotnych metod archiwizacji publikacji elektronicznych, wybierają oni migrowanie danych cyfrowych i emulowanie systemów [1].

3. Migracja i emulacja jako metody długoterminowej archiwizacji publikacji elektronicznych

Jedną z proponowanych metod długoterminowego utrzymywania użyteczności publikacji elektronicznych jest migracja, określana też jako konwersja dokumentu z oryginalnego formatu do nowszego, gdy format oryginalny staje się przestarzały i wychodzi z użycia [7, 8, 11]. Istota migracji polega na sukcesywnym przenoszeniu danych ze starszych, wychodzących z użycia formatów do formatów nowej generacji. Elektroniczny obiekt powinien zostać tak zmodyfikowany przez działania zewnętrzne, aby mógł być używany w zmienionym otoczeniu systemowym bez utraty danych treściowych i strukturalnych. Migracja danych do nowych warunków systemowych często wyklucza użycie publikacji w warunkach pierwotnych [4]. Konwersja danych może powodować powstanie przekłamań i odstępstw od oryginalnej wersji dokumentu – w wyglądzie zewnętrznym dokumentu, strukturze danych, interaktywnym zachowaniu, a nawet treści. Ponadto, jeśli kolejnej konwersji dokonuje się na podstawie rezultatu poprzedniej konwersji, to ryzyko przekłamań wzrasta, tym bardziej że nie ma już pierwotnego oryginalnego obiektu cyfrowego. Zatem jedynym sposobem uniknięcia przekłamań i odstępstw kolejnych wersji dokumentów od oryginałów jest użytkowanie dokumentów w ich oryginalnej aplikacji, czyli wyemulowanie ich pierwotnego otoczenia programowego.

W terminologii specjalistycznej pojęcia „emulować” używa się na określenie procesu naśladowania, symulowania, a także imitowania zachowań określonego sprzętu i oprogramowania [3, 5]. W komputerowej encyklopedii Microsoftu [6] termin ten jest definiowany jako proces imitowania przez komputer, urządzenie lub program funkcji, które spełnia inny komputer, urządzenie lub program. Metoda emulacji polega na tworzeniu programów emulujących starsze platformy programowo-sprzętowe na platformach aktualnie wykorzystywanych [1]. Zadaniem programów emulujących, nazywanych emulatorami, jest możliwie dokładne symulowanie architektury systemu, tak by różnica pomiędzy oryginalnym oraz naśladowanym systemem była niezauważalna. W przypadku dokumentów cyfrowych emulacja oznacza proces reprodukcji ich pierwotnego fenotypu [7].

Metoda emulacji stosowana jest głównie w przypadku publikacji elektronicznych, których treść i program ją prezentujący są ze sobą nierozdzielnie powiązane. Często zdarza się, że aplikacja stworzona dla określonego systemu operacyjnego jest z nim tak powiązana, że jej późniejsze przełożenie i zastosowanie w innych warunkach systemowych staje się niemożliwe. Zachodzi wówczas konieczność emulowania oryginalnego środowiska programowo-sprzętowego [4].

Emulowanie można więc postrzegać jako migrację nie danych cyfrowych, lecz otoczenia ich odczytu.

W publikacjach dotyczących omawianego zagadnienia [7, 8] emulację opisuje się jako metodę polegającą na „zmuszaniu” przyszłych technologii do funkcjonowania w taki sposób jak oryginalne środowisko zachowanego obiektu, co ma pozwolić na jego prezentację w pierwotnej postaci i na podstawie oryginalnego strumienia danych. Jednocześnie zwraca się uwagę na różnicę pomiędzy emulacją otoczenia sprzętowego a emulacją otoczenia programowego. Otóż za bardziej odpowiednią uznawana jest ta pierwsza, co wynika z stąd, że specyfikacje sprzętu mogą się okazać łatwiejsze do zdefiniowania niż specyfikacje oprogramowania. Poza tym emulacja platformy sprzętowej może być bardzo elastyczna i umożliwiać tym samym odtworzenie wielu systemów i prezentację różnych obiektów cyfrowych. Natomiast jako rozwiązanie alternatywne wymieniana jest emulacja pewnych aplikacji lub ich zachowań. Wadę takiego rozwiązania stanowi konieczność opracowania indywidualnego emulatora dla każdej aplikacji.

Informatycy [7] wymieniają trzy alternatywne elementy mogące stanowić przedmiot emulacji, są to: platforma sprzętowa, czyli komputer, platforma sprzętowa wraz z systemem operacyjnym, wreszcie kompletne otoczenie odczytu dokumentu – platforma sprzętowa wraz z systemem operacyjnym oraz programem umożliwiającym prezentację dokumentu. O tym, co będzie przedmiotem emulacji, powinno się decydować na etapie planowania strategii długoterminowej archiwizacji. Jeśli emulowany ma być sam komputer, to zachodzi konieczność zachowania dokumentu elektronicznego wraz z odpowiednim programem prezentującym go oraz systemem operacyjnym; jeśli emulacji mają podlegać komputer i system operacyjny, archiwizuje się dokument wraz z programem go prezentującym. Wydawałoby się, że rozwiązaniem optymalnym jest odtworzenie w procesie emulacji kompletnego otoczenia odczytu dokumentu elektronicznego. Informatycy tłumaczą jednak, że jest to złudne, ponieważ zwiększenie liczby kombinacji: komputer – system operacyjny – program umożliwiający prezentację dokumentu pociąga za sobą potrzebę tworzenia wielu emulatorów, tymczasem należy dążyć do minimalizacji liczby i złożoności narzędzi emulujących. Pomimo intensywnych badań i starań informatyków nadal problemem jest precyzyjne i kompletne odtworzenie działania kompleksowych programów. Dużo łatwiej jest odtworzyć działanie sprzętu, a zatem najbardziej zasadna jest alternatywa pierwsza, czyli emulacja samego komputera i archiwizowanie oprócz dokumentu elektronicznego, także stosownego systemu operacyjnego i programu umożliwiającego prezentację danego dokumentu.

Omawiając emulację, należałoby zwrócić też uwagę na jej wady i zalety jako metody długoterminowej archiwizacji obiektów cyfrowych. Potencjalną zaletę emulacji stanowi to, że jest ona znaną techniką informatyczną i wypracowała już emulatory różnych platform i systemów: od najstarszych, tworzonych przez entu-

zjastów, do systemów nowoczesnych, tworzonych w celach komercyjnych, służących do testowania i uruchamiania oprogramowania na różnych platformach. Przy możliwie najszerszym zastosowaniu tej metody emulacja umożliwiałaby odtworzenie pełnej funkcjonalności wielu obiektów cyfrowych (w tym oprogramowania) na podstawie oryginalnego, niezmodyfikowanego strumienia danych w połączeniu z oryginalnym oprogramowaniem [8]. Emulacja pozwala zapewnić autentyczność dokumentów elektronicznych dzięki zachowywaniu w długim czasie niezmiennej struktury oryginalnego dokumentu oraz wiernemu odtwarzaniu przez programy emulujące działania pierwotnego sprzętu. Nie ma również ograniczeń w zakresie typów dokumentów; specjaliści twierdzą, że nawet dokumenty dynamiczne³ [9, 10] mogą zostać długoterminowo zarchiwizowane.

Technika emulacji oferuje znacznie więcej niż tylko długoterminową dostępność elektronicznych publikacji. Jej dodatkowym atutem jest to, że pozwala na zachowanie na przyszłość dowolnych systemów: sprawdza się na przykład w sektorze finansów i bankowości, gdzie umożliwia wieloletnie przechowywanie i odczyt dokumentów.

Wadę emulacji stanowi natomiast to, że jest ona metodą skomplikowaną technicznie, wymaga dużych nakładów pracy i specjalistycznej wiedzy, co pociąga za sobą poważne koszty. Jako metoda długoterminowej ochrony obiektów cyfrowych wymaga wciąż wielu badań. Konieczne jest systematyczne prowadzenie eksperymentów potwierdzających możliwość zastosowania tej metody do odczytu określonych typów publikacji elektronicznych. Jej wykorzystanie w przyszłości może być znacznie utrudnione, a w przypadku emulacji kompletnego środowiska odczytu i prezentacji dokumentu (sprzętu, systemu i oprogramowania) – praktycznie niemożliwe z racji nieodpowiedniej dokumentacji współczesnego oprogramowania, tudzież stosowania niestandardowych formatów. Niemożliwa wydaje się także emulacja wszystkich funkcji systemu lub aplikacji, a to z uwagi na wzrost złożoności systemów. Wreszcie, wraz ze zmianami przyszłych technologii i platform, również emulatory będą wymagały konwersji lub wyemulowania ich własnych środowisk w nowych systemach, co oznacza nakładanie się wielu warstw emulatorów [8].

³ Wśród publikacji elektronicznych można wyróżnić m.in. publikacje statyczne i dynamiczne (*static and dynamic publications*). Statyczność publikacji elektronicznych polega na tym, że dokładnie ustalona treść i struktura dokumentu nie ulegają żadnym zmianom podczas dalszego użytkowania. Przykładem statycznych publikacji elektronicznych są monografie opublikowane w formie elektronicznej. Dynamiczność natomiast zaznacza się przez to, że treść publikacji elektronicznej i forma jej prezentacji są ustalane w trakcie ich użytkowania („w locie” – ang. *on the fly*). Przykładem dynamicznych publikacji elektronicznych są systemy bazodanowe. Ich treść stanowią generowane „w locie” rezultaty różnych zapytań wyszukiwawczych. Jednak to nie rezultat zapytania, lecz system bazodanowy jest obiektem archiwizacji.

Długoterminowe użytkowanie sprzętu i oprogramowania wymaga także regulacji prawnych. Symulowane przez emulatory systemy objęte są zwykle ochroną autorsko-prawną, zatem konieczne jest pozyskanie stosownych licencji. Problematyczne może się również okazać użytkowanie publikacji elektronicznych w dalekiej przyszłości z powodu całkiem realnych zmian, jakie mogą nastąpić w zakresie standardowych elementów obsługi sprzętu komputerowego. Jest bowiem wielce prawdopodobne, że klawiatura i mysz wyjdą z użycia, prawdopodobnie zmienią się także formy komunikowania się człowieka z maszyną [7].

4. Wnioski

Technologia emulacji, która umożliwia odtwarzanie oryginalnego technicznego otoczenia obiektu cyfrowego przy użyciu aktualnej technologii, jest traktowana jako strategia dla permanentnego dostępu do cyfrowego materiału [2]. Metoda ta wciąż jeszcze wymaga wielu istotnych badań i testów, potwierdzających jej pełną użyteczność w przypadku elektronicznych dokumentów bibliotecznych, archiwalnych tudzież muzealnych. Trudność polega na tym, że kierunek rozwoju i postęp w zakresie tworzonych narzędzi emulujących nie są podyktowane potrzebami instytucji pamięci, lecz zależą od potrzeb firm informatycznych. Badanie potrzeb bibliotek lub archiwów i opracowywanie rozwiązań wychodzących im naprzeciw to kosztowne inwestycje. Mogą sobie na nie pozwolić jedynie instytucje w bogatych krajach.

Istotnym warunkiem powodzenia przeprowadzanych w przyszłości emulacji wydaje się zapewnienie dużo większych możliwości (głównie wydajności) komputerów, na których trzeba będzie emulować obecne systemy. Warunek ten, z racji szybkiego rozwoju technologicznego i stale rosnących parametrów sprzętu, zostanie zapewne spełniony. Zatem można przyjąć, że dzięki emulacji realne staje się przechowanie dla przyszłych pokoleń autentycznych i integralnych dokumentów elektronicznych.

Konkludując, należy stwierdzić, że emulacja jest rekomendowana jako metoda reprodukcji pierwotnej, przestarzałej platformy na platformach nowszych i widzi się w niej najbardziej odpowiedni sposób prezentacji dokumentów cyfrowych w ich oryginalnym otoczeniu programowym w dalekiej przyszłości. Emulacja umożliwia przedstawienie oryginalnego dokumentu cyfrowego wraz z jego treścią, szatą graficzną, interfejsem oraz pozwala zachować jego tak zwany *look-and-feel*. Rezultaty przeprowadzanych eksperymentów wskazują, że emulacja może być zasadniczą metodą odczytu bibliotecznych, archiwalnych i muzealnych obiektów cyfrowych w przyszłości, pod warunkiem że stosowne emulatory przestarzałych platform komputerowych będą mogły działać na przyszłych platformach.

Specjaliści [2] zwracają uwagę na konieczność tworzenia technicznych specyfikacji, zawierających szczegółowy opis wszystkich istotnych cech platform sprzętowych w celu ich odtworzenia na przyszłych platformach. Dodatkowo należy dążyć do opracowywania takich technicznych rozwiązań, które umożliwią hosting potrzebnych emulatorów na przyszłych platformach przy minimalnym nakładzie starań.

Niezbędne jest również tworzenie metadanych opisujących dokument elektroniczny i przyporządkowujących go do odpowiedniego oprogramowania oraz emulatorów umożliwiających jego odczyt w przyszłości. Bezwzględnie potrzebne jest także zidentyfikowanie kryteriów autentyczności poszczególnych dokumentów cyfrowych i poprawności jej testowania w celu wprowadzenia mechanizmów oceny efektywności procesu długoterminowej archiwizacji bazującej na metodzie emulacji i tym samym skuteczności innych metod archiwizacji. Zalecane jest cykliczne wykonywanie testów i eksperymentów dotyczących emulacji w przyszłych badaniach nad jej potencjałem jako metody długoterminowej ochrony użyteczności bibliotecznych zasobów cyfrowych. Pozwoli to na jej udoskonalenie i umożliwi wzrost jej efektywności. Jeśli podczas serii takich eksperymentów nie wystąpią nieprzewidziane efekty, będzie to oznaczać, że problem długoterminowej ochrony danych cyfrowych można rozwiązywać właśnie przy zastosowaniu emulacji.

Bibliografia

- [1] Czermiński J.B., *Cyfrowe środowisko współczesnej biblioteki*, Gdańsk 2002.
- [2] Rothenberg J., *Ensuring the Longevity of Digital Documents*, „Scientific American” 1995, Vol. 272, No. 1.
- [3] *Attributes of a Trusted Digital Repository: Meeting the Needs of Research Resources. RLG-OCLC Report*, Mountain View 2001, <http://www.rlg.org/longterm/attributes01.pdf>, [dostęp: 20.04.2007].
- [4] Liegmann H., *Langzeitverfügbarkeit digitaler Publikationen*, [w:] *Bibliotheken – Portale zum globalen Wissen. 91. Deutscher Bibliothekartag in Bielefeld 2001*, Frankfurt am Main 2001.
- [5] *Lexikon Informatik und Datenverarbeitung*, München–Wien 1997.
- [6] Woodcock J., Aiken P. i in. (red.), *Microsoft. Encyklopedia komputerowa*, Warszawa 2002.
- [7] Borghoff U.M., *Langzeitarchivierung. Methoden zur Erhaltung digitaler Dokumente*, Heidelberg 2003.
- [8] National Library of Australia (oprac.), *Ochrona dziedzictwa cyfrowego. Zalecenia*, Warszawa 2003.
- [9] Steenbakkers J., *Setting up a Deposit System for Electronic Publications. The NEDLIB Guidelines*, Amsterdam 2000.

-
- [10] Januszko-Szakiel A., *Archiwizacja publikacji elektronicznych jako wyzwanie dla bibliotek – zarys problematyki*, „Biuletyn Biblioteki Jagiellońskiej” 2003.
- [11] Oltmans E., *A Comparison between Migration and Emulation in Terms of Costs*, http://www.rlg.org/en/page.php?Page_ID=20571, [dostęp: 21.04.2007].